

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-132663

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

G06T 1/00
A61B 6/00

(21)Application number : 10-301909

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.10.1998

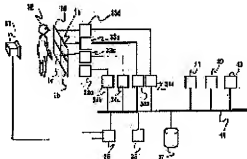
(72)Inventor : INOUE HITOSHI

(54) IMAGE PROCESSOR, IMAGE PROCESSING METHOD, AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make correctable the connection part of an image which is obtained when plural image pickup elements are connected to constitute an image pickup element of one screen.

SOLUTION: An image with a joint pattern, which is picked-up by solid-state image-pickup panels 1a-1b is considered as the sum of an original image component and a joint pattern component and the component which is considered to contain the multiple joint pattern components is extracted from projecting information of the image. Then, projecting data of the original image component are processed by low-order continuous function approximation or a low-pass characteristic and only the joint pattern component is excellently separated so that the linear joint pattern is erased by suppressing the damage of original image information itself to the min.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J F)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-132663

(P2000-132663A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ページコード(参考)
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/86	B 4 C 0 9 3
A 6 1 B 6/00	3 6 0	A 6 1 B 6/00	3 6 0 Z 5 B 0 5 7
		G 0 6 F 15/62	3 9 0 A

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-301909

(22) 出願日 平成10年10月23日 (1998.10.23)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 井上 仁司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝晃

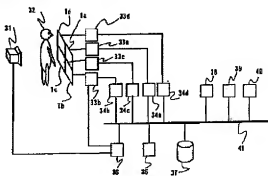
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 複数の撮像素子を接続して一つの画面の撮像素子を構成する場合に得られる画像の接続部分を補正する。

【解決手段】 固体撮像素子1a～1bで撮像したつなぎ目パターンのある画像を、本来の画像成分とつなぎ目パターン成分との和と考えてモデル化し、上記画像の投影情報からつなぎ目パターン成分を多く含むと思われる成分を抽出する。次にこのつなぎ目パターン成分を多く含むと思われる成分の中から、本来の画像成分の投影データを低次の連続関数近似又は低域通過特性により処理して、つなぎ目パターン成分のみを良好に分離することで、本来の画像情報そのものの損傷を最小限に抑えて、縞状のつなぎ目パターンを消去する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数画面と対応する複数画像データを接続して 1 つの画面を構成する画像データを生成する画像合成手段と、

上記画像データから上記接続部近辺の所定の特徴を有するデータを抽出する抽出手段と、

上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算手段とを設けたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 上記所定の特徴は、上記接続部の接続線に沿って同じ特徴が連続するという特徴であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】 上記抽出手段は、上記接続線の両側複数列の画素値について上記接続線方向にそれぞれ 1 次元低域通過フィルタ処理を施した行方向のデータを用いることを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】 上記 1 次元低域通過フィルタ処理は、投影データをとることを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 5】 上記抽出手段は、上記同じ特徴が連続する成分から上記 1 次元低域通過フィルタ又は投影データを抽出し、これを上記同じ特徴が連続する成分から減算することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 6】 上記抽出手段は、上記同じ特徴が連続している成分を多項式近似し、その残差を抽出することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 7】 上記抽出手段は、上記同じ特徴が連続している成分に低域通過フィルタ処理を施し、これを上記同じ特徴が連続する成分から減算することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 8】 上記抽出手段は、上記同じ特徴が連続している成分に高域通過フィルタ処理を施すことを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 上記抽出されたデータに上記接続線位置を含むウィンドウ関数による処理を施し、上記減算手段は、上記処理されたデータを上記画像データから減算することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 10】 上記複数画像データは、それぞれ所定の画素ピッチを有する各画像が 1 画素の間隔を介して配置された複数の撮像素子から得られるものであることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 11】 1 方向に連続する特徴がある画像データから上記特徴を有するデータを抽出する抽出手段と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算手段とを設けたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】 複数画面の複数画像データを接続して 1 つの画面の画像データを構成する場合において、上記画像の接続近辺成分と、本来取得すべき画像成分」と「接続による損傷成分」との和としてモデル化し、取得した画像データから、上記モデルの特徴を用いて「接続による損傷成分」を抽出し、これを上記取得し

た画像データから差し引くことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 13】 上記モデルにおいて、「接続部分の損傷成分」は、上記画像の接続線に沿って同じ特徴をもって連続しているという特徴を仮定することを特徴とする請求項 12 記載の画像処理方法。

【請求項 14】 「接続線にそって同じ特徴をもって連続する成分」を抽出する方法は、上記接続線の周囲の複数列の画素値について、上記接続線方向にそれぞれ 1 次元低域通過フィルタ処理を施した行方向のデータを用いることを特徴とする請求項 13 記載の画像処理方法。

【請求項 15】 上記 1 次元低域通過フィルタは、投影データをとることを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 16】 上記抽出された「接続線に沿って同じ特徴をもって連続する成分」から「本来取得すべき画像成分」の 1 次元低域通過フィルタ出力又は投影データを抽出し、「抽出された接続線にそって同じ特徴をもって連続する成分」から差し引いて、「接続による損傷成分」を抽出することを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 17】 「接続による損傷成分」を抽出する方法は、「抽出された接続線に沿って同じ特徴をもって連続する成分」を多項式近似し、その残差をもって「接続による損傷成分」とすることを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 18】 「接続による損傷成分」を抽出する方法は、「抽出された接続線に沿って同じ特徴をもって連続する成分」に低域通過フィルタ処理を施し、「抽出された接続線に沿って同じ特徴をもって連続する成分」から差し引いて「接続による損傷成分」とすることを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 19】 「接続による損傷成分」を抽出する方法は、「抽出された接続線に沿って同じ特徴をもって連続する成分」に高域通過フィルタ処理を施し、「接続による損傷成分」とすることを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 20】 上記「抽出された接続による損傷成分」に、接続線位置を含むウィンドウ関数を処理を施し、処理されたデータを「取得された損傷のある画像データ」から差し引くことを特徴とする請求項 14 記載の画像処理方法。

【請求項 21】 上記複数画像データは、それぞれ所定の画素ピッチを有する各撮像素子が 1 画素の間隔を介して配置された複数の撮像素子から得られるものであることを特徴とする請求項 12 記載の画像処理方法。

【請求項 22】 画像データに 1 方向に連続する特徴を持つ損傷がある場合において、上記画像データを「本来の画像成分」と「連続するという特徴を持つ損傷成分」との和にモデル化し、取得した画像データから上記モデ

ルの特徴を用いて「連続するという特徴をもつ損傷成分」を抽出し、これを上記取得した画像データから差し引くことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 23】 複数画面と対応する複数画像データを接続して 1 つの画面を構成する画像データを生成する画像合成処理と、

上記画像データから上記接続部近辺の所定の特徴を有するデータを抽出する抽出処理と、

上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 24】 上記所定の特徴は、上記接続部の接続線に沿って同じ特徴が連続するという特徴であることを特徴とする請求項 23 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 25】 上記抽出処理は、上記接続線の両側複数列の画素値について上記接続線方向にそれぞれ 1 次元低域通過フィルタ処理を施した方向のデータを用いることを特徴とする請求項 24 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 26】 上記 1 次元低域通過フィルタ処理は、投影データをとることを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 27】 上記抽出手段は、上記同じ特徴が連続する成分から上記 1 次元低域通過フィルタ又は投影データを抽出し、これを上記同じ特徴が連続する成分から減算することを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 28】 上記抽出処理は、上記同じ特徴が連続している成分を多項式近似し、その残差を抽出することを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 29】 上記抽出処理は、上記同じ特徴が連続している成分に低域通過フィルタ処理を施し、これを上記同じ特徴が連続する成分から減算することを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 30】 上記抽出処理は、上記同じ特徴が連続している成分に高域通過フィルタ処理を施すことを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 31】 上記抽出されたデータに対する上記接続線位置を含むウィンドウ関数による処理を上記プログラムに設け、上記減算処理は、上記処理されたデータを上記画像データから減算することを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 32】 上記複数画像データは、それぞれ所定の画素ピッチを有する各撮像面が 1 画素の間隔を介して配置された複数の撮像素子から得られるものであることを特徴とする請求項 25 記載のコンピュータ読み取り可

能な記憶媒体。

【請求項 33】 1 方向に連続する特徴がある画像データから上記特徴を有するデータを抽出する抽出処理と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の撮像手段で撮像された複数の画像を合成して一つの画像を作成する場合に用いて好適な画像処理装置、方法及びそれらに用いられるコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の医療画像分野においては、人体内部を透視する放射線画像を取得する方法として、放射線強度分布を蛍光強度分布に変換し、これを傾斜フィルムに感光させて潜像を作った後、現像する旧来の方式に代わり、大面積の固体撮像デバイスもしくは大型撮像管を用いて、蛍光強度分布もしくは放射線分布を直接電気信号に変換し、さらにデジタル値へ変換して放射線画像を得る方式、いわゆるデジタルラジオグラフィ（DR）が開発されつつある。

【0003】しかしながら、一般的な半導体製造装置の限界から、通常の人体全体又は上半身又は胸部を包含するような 1 枚の固体撮像デバイスの製造は現状では困難である。また、撮像管も真空技術の限界から大型のものはできない。また、電荷情報伝達の物理的距離を小さくする目的や、並列処理を行って情報取得時間を短くするためにも、大面積の固体撮像デバイスでありながら、分割した固体撮像デバイスを組み合わせる場合が多い。

【0004】そこで従来より、例えば特開平 6-86173 号公報に記載されるように、大面積の受光面からファイバプレートによって撮像管に光量分布を導く方法や、特開平 10-12851 号公報に記載されるように、複数の素子にテーパファイバによって大面積の光量分布を分割する方法等により、画像を取得するようにしていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来方法では、非常に高価なファイバプレートやテーパファイバを必要とし、またそれを配置するための大きな空間も必要であり、撮像装置のコストアップ及び大型化の原因となっていた。

【0006】そこで、複数の固体撮像パネルを平面上に配置し、全体として大面積の撮像デバイスを構成することにより、低コストで薄型の大面積撮像装置を実現する方法が考えられている。

【0007】図 4 は人体胸部 X 線撮影用に 17×17 インチの大面積パネルを実現するために、それぞれ約 1/

2の大きさの固体撮像パネル4枚1a、1b、1c、1dを2×2の形態で配置した例を模式的に示した図である。図4において、破線で描かれた2は、放射X線強度分布を光量分布に変換する蛍光板であり、実際には光散乱によるボケを最小限に抑えるため、撮像素子受光面に実質的に接合されている。

【0008】各固体撮像パネル1a、1b、1c、1dは、それぞれピッチTμm（Tは例えば160μm）の複数の画素マトリックスで区切られており、画素内にはフォトダイオードなどの光電変換素子、変換された電荷を蓄積するキャパシタを利用した電荷蓄積部及びトランジスタ等を利用して電荷を外部へ転送するためのスイッチング素子等が配置され、全体として撮像機能を構成している。

【0009】各固体撮像パネル1a、1b、1c、1dのつなぎ目1ab、1bc、1cd、1daは、半導体素子の切り出し工程の関係である程度の隙間が発生することが否めない。図5はつなぎ目1abの断面を模式的に示すもので、左側が固体撮像パネル1b、右側が固体撮像パネル1aである。3はガラス等で構成される基板であり、4は基板3上のフォトダイオード等の光電変換素子の受光面を示し、基板3上にTの等間隔で並んでい

$$X_n = e_n - \sum_{i=p}^{n-1} a_i X_{n+i} - \sum_{i=1}^p a_i X_{n+i} \quad (1)$$

【0013】ここで e_n は、推定誤差もしくは入力雑音である。これは、

$$\sum_n e_n = \sum_n \left(\sum_{i=p}^{n-1} a_i X_{n+i} + X_n + \sum_{i=1}^p a_i X_{n+i} \right) \quad (2)$$

【0015】のように、総合的に見た推定誤差の2乗和を最小にするいわゆる、Yule-Walker推定に帰着し、

$$\frac{d}{da_i} \left(\sum_n e_n^2 \right) = 0 \quad (i=p \sim -1, 1, 2, \sim p) \quad (3)$$

【0017】という2p本の連立方程式を解くことで各係数 a_i が得られる。 X_n （ $n=0 \sim N$ ；Nは全画素数）についての自己相関係数を用いる。ここで a_i が有効性をもって推定可能な素であれば（このモデルから得られるスペクトル特性が安定していれば）、誤差蓄積のない1画素くらいの欠陥であれば、周囲の画素値から推定しても問題ないということになる。さらに端的に言えば、ある画素は周りの画素値の線形予測で十分予測可能であるような素であればよい。通常、撮像系の空間伝達関数のボケなどにより、冗長にサンプリングしていれば十分低次で有意な推定が可能である。

【0018】一般に、個々の画像情報について上記の検定を行うのは不可能であるため、隣接する1画素をコピーするか、周囲画素の平均をとって推定する。実際上、

* 6は光電変換面の中心、即ち画素中心を示している。

【0010】つなぎ目1abの位置においては、それぞれの端部にある図に示す画素3xと3yとの間の距離を画素ピッチTにすることが、基板3の端面処理の関係で不可能であり、少なくとも2Tの距離が空いてしまう。このため、5で示す架空の画素を間に設け、この画素値をその周囲の画素値から推定して見出す。その場合、画素値を推定できる条件として、画素ピッチが、つなぎ目部分の画像情報の分布及び蛍光板の伝達関数及び受光素子のアパーチャなどで求まる必要十分な画素ピッチよりも細かく取られ、ある程度冗長性のある画像情報を取得しなければならない。

【0011】即ち、得られた画像情報を例えば1次元方向で見た場合の空間スペクトル情報が、情報理論でいう自己回帰モデルで、ある程度同定可能であることが必要である。具体的に言えば、自己回帰モデルでシステム同定する場合、係数 a_i （ $i=p \sim -1, +1 \sim +p$ ）を仮定して、n番目の画素値 X_n を以下の式で推定可能であることが必要である。

【0012】

【数1】

※ 【0014】

【数2】

★ 【0016】

【数3】

受光部のアパーチャ及び蛍光板の空間伝達関数もしくはX線の量子ノイズ特性等から有効な情報は、十分この条件を満たす場合が多い。

【0019】また、複数枚の撮像パネル間にはオフセット及びゲインの不一致が見られるが、これは予め4枚のパネル全てのオフセット値及び被写体のない状態で得られた分布を用いてゲインの補正を行えば、全てのパネルで均一な画像を取得できる。また、固体撮像パネルは全体的な光量によって、電荷転送部もしくは電荷蓄積部そのものが変動し、全体的なオフセット変動がスミア的な要素で発生することがあるが、それらはブラインド画素の変動を差し引くとか、全体の電荷量に比例した補正値をもって補正を行えば、全体的なレベルはそれぞれの撮像パネルで揃えることが可能である。

【0020】 しかして、本発明の課題は、つなぎ目近辺の光量分布に依存して、光学的あるいは電気的な理由により、つなぎ目近辺の画像データが損傷を受け、上述の推定を行っても、パネル間のつなぎ目近辺が線状の分布で目立つようになるが、それらを上述のパネル全体的な補正で取り去るのは不可能であるということである。

【0021】 図6はその様子を示したものであり、左側はあるラインのパネル1bの画素値を、右側は同じラインのパネル1aの画素値をそれぞれ黒点で示している。中心に予測したつなぎ目の画素値を破線で示している。この場合、実際の光量分布は7で示すようなものであり、光学的なパネル端面部分の散乱現象や電気的不安定性により端面部分に近い数画素が損傷を受けている。このような、現象は頻繁に発生するおそれがある。

【0022】 もしこのような現象が発生した場合は、図7(A)の8a、8b、8c、8dに示すように、取得した画像につなぎ目部分でつなぎ目のある線状のパターンが目立つようになる。以下、つなぎ目、即ち複数パネルの接続線近辺で発生する上述のようなパターンをつなぎ目パターンと呼ぶ。

【0023】 従来、複数の撮像素子で1つの画像を取得し、それらをつなぎ目合わせて広範囲の画像を得る例としては、複数のイメージインテンシファイアなどを利用して、部分画像を取得し、重なり合い部分の画素値を自然につなぎ目するように補正するものや、複数の航空写真で1枚の画像に構成するように、重なり合い部分の幾何学的、濃度的な補正をするものがあるが、これらの補正方法は、今回問題とするような、重なり合いの無い複数部分の画像のつなぎ目パターンを処理する方式については適応できない。

【0024】 本発明は、上記の問題を解決するために成されたもので、画像のつなぎ目部分の損傷を補正可能とすることを目的としている。

【0025】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明による画像処理装置においては、複数画面と対応する複数画像データを接続して1つの画面を構成する画像データを生成する画像合成手段と、上記画像データから上記接続部近辺の所定の特徴を有するデータを抽出する抽出手段と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算手段とを設けている。

【0026】 また、本発明による他の画像処理装置においては、1方向に連続する特徴がある画像データから上記特徴を有するデータを抽出する抽出手段と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算手段とを設けている。

【0027】 また、本発明による画像処理方法においては、複数画面の複数画像データを接続して1つの画面の画像データを構成する場合において、上記画像の接続近辺部分を、「本来取得すべき画像成分」と「接続による

損傷成分」との和としてモデル化し、取得した画像データから、上記モデルの特徴を用いて「接続による損傷成分」を抽出し、これを上記取得した画像データから差し引くようにしている。

【0028】 また、本発明による他の画像処理方法においては、画像データに1方向に連続する特徴を持つ損傷がある場合において、上記画像データを「本来の画像成分」と「連続するという特徴を持つ損傷成分」との和にモデル化し、取得した画像データから上記モデルの特徴を用いて「連続するという特徴をもつ損傷成分」を抽出し、これを上記取得した画像データから差し引くようにしている。

【0029】 また、本発明による記憶媒体においては、複数画面と対応する複数画像データを接続して1つの画面を構成する画像データを生成する画像合成処理と、上記画像データから上記接続部近辺の所定の特徴を有するデータを抽出する抽出処理と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0030】 さらに、本発明による他の記憶媒体においては、1方向に連続する特徴がある画像データから上記特徴を有するデータを抽出する抽出処理と、上記画像データから上記抽出されたデータを減算する減算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0031】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態を図面と共に説明する。先ず、本発明を原理的に説明する。上述の課題に対し、本発明では、つなぎ目パターンのある画像を、本来の画像成分とつなぎ目パターン成分との加算であるとしてモデル化し、画像の投影情報からつなぎ目パターン成分を多く含むと思われる成分を抽出する。次に、上記つなぎ目パターン成分を多く含むと思われる成分中から、本来の画像成分の投影データを低次の連続関数近似又は基底通過特性により、つなぎ目パターン成分のみを良好に分離することで、本来の画像情報そのものの損傷を最小限に抑えて、線状のつなぎ目パターンを消去するようにしている。

【0032】 処理としては、

(i) つなぎ目パターン成分の抽出処理

(i i) つなぎ目パターン成分のウィンド処理

(i i i) 画像データからのつなぎ目パターン成分の削除の順に行う。

【0033】 (i) つなぎ目パターン成分の抽出処理 取得された画像情報全体を $im(x, y)$ (x : 横方向の座標、 y : 縦方向の座標) とし、画像情報の空間スペクトル分布 $IM(u, v)$ (u : 横方向の空間周波数軸、 v : 縦方向の空間周波数軸) とする。

【0034】

【数4】

$$I(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} im(x,y) \exp(-2\pi j(ux+vy)) dx dy \quad (4)$$

【0035】ここで、 $im(x,y)$ を、本来取得すべき成分 $c1(x,u)$ と横方向のつなぎ目成分 $c2(x,y)$ を被写体の画像成分 $g(x,y)$ と縦方向のつなぎ目成分 y との和の形にモデル化する。

$$im(x,y) = g(x,y) + c1(x,y) + c2(x,y) \quad (5)$$

これは空間スペクトル上でも同様に、

$$I(u,v) = G(u,v) + C1(u,v) + C2(u,v) \quad (6)$$

【0036】

$$G(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x,y) \exp(-2\pi j(ux+vy)) dx dy \quad (7)$$

$$C1(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c1(x,y) \exp(-2\pi j(ux+vy)) dx dy \quad (8)$$

$$C2(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c2(x,y) \exp(-2\pi j(ux+vy)) dx dy \quad (9)$$

【0037】ここで、つなぎ目パターン $c1(x,y)$ の特徴から、それらを分離し、取得画像 $im(x,y)$ から差し引く。例えばつなぎ目パターンが縦方向に連続するつなぎ目パターン $c1(x,y)$ であれば、つなぎ目パターンの成分 $C1(u,v)$ は、画像空間スペクトル上では u 軸上及び近辺に集中する。

【0038】図7(B)はその様子を模式的に示したものであり、図7(A)の空間周波数特性領域を表している。長い縦方向のつなぎ目パターン $8a$ 、 $8c$ のエネルギー

$$p(x,y) = \int_{-T}^{+T} g(x,y) dy \quad (10)$$

【0041】のように表され、区間 $2T$ に渡って連続する成分が強調されて（連続しない成分は打ち消し合う）

$$\mu(v) = \{ \sin(2\pi v T) \} / (2\pi v T) \quad (11)$$

のフィルタリングを施したことに相当する。これは u 方向へは一定値を持つフィルタであり、抽出できる y 方向の連続する長さが決定される。即ち、 T が大きければ、フィルタの伝達関数は u 軸上に集中するようになり、短い長さの連続成分は抽出困難になる。

【0042】この投影フィルタを用いて得られた式(10)で表される投影 $p(y, x)$ を、元画像から差し引けば、縦に連続するつなぎ目パターンを除去できる。同様に、横方向のつなぎ目パターン $c2(x,y)$ についても、 v 軸上及び近辺に集中するので、上記説明の $u, v(x,y)$ を入れ替えて、横方向の投影フィルタをかけることにより、横に連続するつなぎ目パターンを除去できる。

【0043】しかし、この投影フィルタリングで得られた $p(x,y)$ を差し引くだけでは、画像の成分(DCも含めて)をも同時に差し引くので、画像の補正にはならない。そこで画像成分を残すために、画像成分の特徴

★ギーは図7(B)の斜線部分の u 軸上の範囲に集中する。従って、 u 軸上及び近辺の成分を抽出すれば、つなぎ目パターン成分 $c1(x,y)$ を抽出できることになる。これは、実空間上で y 軸方向に、基底通過フィルタリングを行うことで達成できる。

【0039】単純には、 y 軸に沿って画像成分の投影をとることも行える。 y 軸位置 y における区間 $2T$ の投影を $p(x,y)$ とすれば、

【0040】

【数6】

☆で現れる。これは、空間スペクトル上 v 方向で、

を利用して差し引くべき投影フィルタリング成分から画像成分を差し引いておかなければならない。当然ながら、未知の画像成分の特徴を完全に推定するのは不可能であり、ある程度予想される一般的な特徴（つなぎ目パターン成分と画像成分との差）を利用するに止まらざるを得ない。

【0044】上記特徴としては、

1) 画像成分は空間スペクトル上で低周波領域に集中し、つなぎ目パターン成分は高周波領域に集中する。
2) 投影は基本的に連続関数である。（もしくは連続であれば、つなぎ目パターンが判らない）。
3) つなぎ目部分にはつなぎ目に並行した重要な長い画像成分は存在しない。等等である。これらの特徴は、つなぎ目パターンを意識した、都合の良い主観的なものであるが、通常十分許容可能である。

【0045】これらの特徴を利用することを考えると、以下の2つの方法により、つなぎ目パターン成分を除去

することが考えられる。

1) 投影データ $p(x, y)$ に高域通過フィルタリングを施して低周波成分を除去し、つなぎ目パターン成分を抽出する。

2) 投影データ $p(x, y)$ から、自由度の低い連続関数成分を抽出し、画像成分とし、元の投影データから差し引き、つなぎ目パターン成分を抽出する。

【0046】上記1)、2) 両方の方法において、広範な画像範囲を処理することは、つなぎ目パターン除去のための画像損傷範囲を広げることになり、好ましくない。以上で、つなぎ目近辺の画像データのみを処理する。以上でつなぎ目パターン成分の抽出処理である。

【0047】(i) つなぎ目パターン成分のウィンドウ*

$$W(x') = \begin{cases} 1 - \frac{x'}{\tau} & (|x'| < \tau) \\ 0 & (x' \text{ その他の範囲}) \end{cases} \quad (12)$$

【0050】ここで x' は処理しようとするつなぎ目位置からの距離であり、 τ はつなぎ目補正処理を行う範囲の $1/2$ の距離を表す。

【0051】また、さらに連続性を追求するならば、余弦

$$W(x') = \begin{cases} \frac{1}{2} (1 + \cos \frac{\pi x'}{\tau}) & (|x'| < \tau) \\ 0 & (x' \text{ その他の範囲}) \end{cases} \quad (13)$$

【0053】(除去しようとするつなぎ目の位置を X_d とすると、 $x' = x - X_d$ となる。)

また、その他、ガウス分布関数を利用したものや、さ

$$d(y_0, x) = d'(y_0, x) \cdot W(x - X_d) \quad (14)$$

となり、今までをまとめて一つの式にすると以下の式になる。

$$d(x, y) = \{ \int_{y_0-\tau}^{y_0+\tau} g(x, y) dy - f(x, y) \} \cdot W(x - X_d) \quad (15)$$

【0056】(i i i) つなぎ目パターン成分の削除
上記 (i i) で得られたウィンドウ処理されたつなぎ目パターン成分を該当する y_0 上の画像データ $g(y_0, x)$ ($x_d - i < x < x_d + i$) から差し引く。即ち、

$$g(x, y) = g(x, y) - \int_{y_0-\tau}^{y_0+\tau} g(x, y) dy - f(x, y) \cdot W(x - X_d) \quad (16)$$

【0058】以上をつなぎ目パターン補正処理したいすべての y_0 について繰り返す。また、本方式は、つなぎ目パターン補正のみならず、何らかの原因で発生した画像上のつながりをもつアーチファクト(線状のノイズなど)を効率よく除去することも可能である。

【0059】図1は、上述の原理を用いた本発明の実施の形態によるX線撮像装置を示す。図1において、31はX線発生装置、32は被写体である人体を表す。1

a、1b、1c、1dはそれぞれ固体撮像パネル(以

*ウ処理

上記抽出されたつなぎ目パターン成分 $d'(y_0, x)$ は、つなぎ目近辺でのデータのものであり、そのまま画像データから差し引けば、処理された部分と処理していない部分との境界線が認識されるようになる。そこで、境界線を目立たせず、処理領域と非処理領域を連続して接続するために、接続部分へ向かって抽出されたつなぎ目パターン成分を徐々に小さくするようなウィンドウ関数をかける。

【0048】例えば、以下のような三角形のウィンドウ関数をかける。

【0049】

【数7】

※被写体を用いた以下のような関数でもよい。

【0052】

【数8】

★さまざまなウィンドウ関数が考えられる。

【0054】すると、画像成分から差し引くべきデータ

$d(y_0, x) = d'(y_0, x) \cdot W(x - X_d)$

【0055】

☆

【数9】

$(x - X_d) \cdot W(x - X_d)$

◆つなぎ目パターン処理された画像成分 $g'(x, y)$ は以下の式で表される。

【0057】

【数10】

$(x - X_d) \cdot W(x - X_d)$

下、パネル)であり、それぞれ端部の画素どうしが1画素の間隔をもって、正確な位置に不図示の筐体内に固定されている。また、不図示であるが、それぞれの撮像パネルの前面(人体側)には、X線強度を光強度に変換する、蛍光板が密着されている。さらにその前面には、散乱X線を蛍光板に到達させないための鉛製の格子状のグリッドが配置されており、それはグリッド像が像面に写らないように、X線放射中は移動する。

【0060】33a、33b、33c、33dは制御装

置であり、それぞれパネル1a, 1b, 1c, 1dに接続され、それぞれの制御を行うと共に、出力電圧をデジタル値に変換し出力する機能を持つ。また、各制御装置はそれぞれデュアルポートのメモリ装置34a, 34b, 34c, 34dの一方の入力端に接続され、変換されたデジタル値を所定のメモリアドレスに書き込む。

【0061】41は信号線バスであり、上記デュアルポートメモリ34a, 34b, 34c, 34dのもう一方の出力端が接続されると共に、中央演算処理装置(CPU)35、X線発生装置31及び制御装置33a~33d又は不図示のグリッドの運動等を直接駆動するインターフェース36、本装置全体の制御コード及びデータの格納された記憶媒体37、パネル出力のオフセット値を格納する画像メモリ38、パネル出力の被写体なしのシェーディング値を格納するメモリ39、そして結果的な画像を格納する画像メモリ40がそれぞれ接続されている。

【0062】本実施の形態は、上記画像メモリ40に一旦格納された画像に対して、画像処理を行い、つなぎ目パターンの除去を行い、再び画像メモリ40に格納するが、出力先は別に設けられたメモリ、インターフェースなどであってよい。

【0063】次に動作について説明する。
(準備段階) まず、X線を発生させない状態で、パネル1a, 1b, 1c, 1dを駆動し、それぞれのオフセット値を画像として取得し、画像メモリ38に格納する。この時、実際に出力の無いつなぎ目1画素の画素値は特に規定せず、任意の値を仮に格納する。次に、人体32が無い状態でX線を放射し、パネル1a, 1b, 1c, 1dを駆動し、それぞれのシェーディング値を画像として取得し、メモリ39に格納する。この場合も実際に出力の無いつなぎ目1画素の画素値は特に規定せず、任意の値を仮に格納する。

【0064】(画像取得) 次に、人体32がある状態で、X線を放射し、パネル1a, 1b, 1c, 1dを駆動し、それぞれの出力画像を取得する。この時演算によって、取得された人体32の画素値からメモリ38の対応するアドレスのオフセット画素値を引き去ったものを*

$$P_f(x,y) = \sum_{i=-T}^{T-1} a_i \cdot g(x,y+i)$$

【0071】ここで、Tは投影パターンをとるときのスパンであり、除去しようとするつなぎ目パターンの長さにより適当なものを選択する。また実際問題として、上記数式中の $y+i$ が画像の範囲を超える場合は、それを無視するか適当な境界条件によって演算する。また、 $a_i = 1/(2T+1)$ であるような一定値である場合は、通常の投影であり、一般には1次元のFIR(Finite

$$Impulse Response) フィルタリングであるといえる。
 $f(x,y) = c_0 \cdot x^0 + c_1 \cdot x^1 + c_2 \cdot x^2 + \dots + c_n \cdot x^n$ (18)$$

*メモリ39の対応するアドレスのシェーディング値から画像メモリ38の対応するアドレスのオフセット画素値を引き去ったもので除算し、その結果の値に適当なゲイン値をかけて適正な値にした後、画像メモリ40に画像として格納する。この場合、上記除算は直接除算しても、対数変換・減算で行ってもよく、また、参照テーブルを用いた整数値演算などで行ってもよい。また、この時、つなぎ目1画素分に関しては、全ての演算は無意味であるので、任意の値を画像メモリ40に格納する。

【0065】(仮補間) 任意の値の入ったつなぎ目の画素値を周囲の画素値の平均等の線形予測補間演算によって、第1段階の画像が完成する。

【0066】(つなぎ目パターン除去) つなぎ目パターン除去は以下で示す4つの段階で行われる。

- 1) 投影パターンの計算
- 2) 画像情報の投影パターンの抽出
- 3) ウインドウ処理
- 4) 画像データの修正

図3は上記各段階における後述する処理を示すフローチャートである。

【0067】図2は上記第1段階で取得された画像を模式的に示した図であり、全体としては人体内部のX線撮像像を示している。図2において、51, 52で示す、各パネル1a, 1b, 1c, 1dのつなぎ目に相当する部分(近辺)に上記仮補間でつなぎ目1画素を埋めても各パネルの端部分の電氣的、光学的な不安定さから補正しきれないつなぎ目パターンが残る。

【0068】そこで、まず51の縦方向のつなぎ目パターンに注目する。この図2で画像は縦Y方向にM画素、横X方向にN画素のM×N画素の画素値の集合であり、左上を原点として $\{g(x,y) | 0 \leq x \leq N-1, 0 \leq y \leq M-1\}$ で表すことにする。

【0069】1) 投影パターンの計算

まず、Y方向位置yにおける投影パターン $p_y(x,y)$ を以下の式で計算する。

【0070】

【数11】

————— (17)

※nite Impulse Response) フィルタリングであるといえる。

【0072】2) 画像情報の投影パターンの抽出

次に、つなぎ目位置 x_0 を中心とした、図2に示す両側 τ の区間について、上式で得られた $p_y(x,y)$ を多項式近似し、画像情報の投影パターンとする。例えば、近似関数 $f_y(x,y)$ を3次多項式関数

とすれば、例えば、

【0073】

$$\begin{bmatrix} \sum x^8 & \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^3 \\ \sum x^5 & \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 \\ \sum x^4 & \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x \\ \sum x^3 & \sum x^2 & \sum x^2 & 2\tau+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 \\ c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum p(x,y)x^3 \\ \sum p(x,y)x^2 \\ \sum p(x,y)x \\ \sum p(x,y) \end{bmatrix} \quad (19)$$

【0074】という連立方程式を解くことで容易に可能である。ここで τ は区間内のすべての総和を意味する。

【0075】このようにして、算出された近似関数 f_y (x, y)は、画像成分の本来の投影を意味するもので※

$$dy'(x, y) = py(x, y) - f_y(x, y) \quad (x_0 - \tau \leq x \leq x_0 + \tau) \quad (20)$$

となる。

【0076】3) ウィンドウ処理

上記で得られた $dy'(x, y)$ は区間 $(x_0 - \tau \leq x \leq x_0 + \tau)$ で定義されたものである。その外部の値との整合性が無い。補正は、補正に使用した部分としない部分が連続性をもって接続されなければならない★

$$W(x) = \begin{cases} 1 - \frac{|x-x_0|}{\tau} & |x-x_0| < \tau \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \quad (21)$$

【0078】このほか、余弦関数を利用したウィンドウ関数(式(18)参照)等でもよい。

$$dy(x, y) = (py(x, y) - f_y(x, y)) \cdot W(x) \quad (22)$$

となり、つなぎ目パターンが抽出できる。以上の操作をすべてのY軸上もしくは一部のY軸上で繰り返す。

【0080】4) 画像データの修正

最後に得られた $dy(x, y)$ を対応する画像データ $g(X, y)$ から差し引いて、つなぎ目パターンが除去された画像を得る。また、同様の操作を、X方向について、X方向のつなぎ目パターンを y_0 を中心に行う。このX、Y方向の操作はどちらが先でもよく、同時でもよい。さらにウィンドウ処理は、処理区間が広い場合、◆

$$f(x, y) = \sum_{i=-q}^{+q} b_i \cdot P(x+i, y) \quad (23)$$

【0083】のような、フィルタリングを行い、画像成分の投影を推測し、つなぎ目パターン成分として、 $py(x+i, y) - f(x, y)$ (24) の演算を行う。

【0084】あるいは、単純に高域通過フィルタリングによってつなぎ目パターンの抽出を行う。本実施の形態による方式は、画像成分の投影が複雑な形状で、多項式近似できない場合に有用である。

【0085】次に、第3の実施の形態を説明する。第1の実施の形態では、画素値の確定していないつなぎ目位置の画素値を仮補間という形で、一旦線形予測で埋め

* 【数12】

*

※あり、これを先ほどの投影画像 $py(x, y)$ から差し引いて(残差を求めて)、つなぎ目パターンを抽出する。

その関数を $d'(x, y)$ とすると、

★で、自然に接続するようにウィンドウ関数 $W(x)$ をかける。例えば、 $W(x)$ として、三角形の関数を用いれば以下のようになる。

【0077】

【数13】

☆【0079】これをかけられた関数を $dy(x, y)$ とすると、

◆処理区間の境界が連続的になるならば、省略してもよい。

30 【0081】次に第2の実施の形態を説明する。本実施の形態では、画像成分の抽出を多項式近似を用いず、低域通過フィルタで行う。即ち、式(18)のような、多項式近似の代わりに、

【0082】

【数14】

で、その値を用いている。これに対して本実施の形態では、線形予測で求める仮補間を行わず、常に一定値(0等)をつなぎ目位置の画素値として入れ、次のつなぎ目パターン除去の段階で多項式近似を行う場合、その値を多項式近似の計算に用いない。すると、その値を無視した、画像成分の推定が行え、先に入れた一定値(0等)のつなぎ目位置の値は全てつなぎ目パターンになる。その値をもって補正すれば、線形予測(仮補間)を行わずに、つなぎ目パターンの除去及びつなぎ目位置の補間も同時に行うことができる。

【0086】次に、第4の実施の形態を説明する。本実

流の形態では、複数パネルの接続によるつなぎ目パターンの除去だけでなく、ある1方向へつながる画像の損傷（ラインノイズ、傷）などもつなぎ目パターンとして、同様に除去可能である。その場合、損傷の位置を上述の各実施の形態のつなぎ目位置に代えて、同様の処理を行えばよい。

【0087】次に本発明による記憶媒体について説明する。図1を含む各実施の形態によるシステムは、ハード的に構成してもよく、また、CPU35や記憶媒体37等のメモリ等からなるコンピュータシステムに構成してもよい。コンピュータシステムに構成する場合、上記記憶媒体37は本発明による記憶媒体を構成する。この記憶媒体には、前述した図3のフローチャート等を含む処理を実行するためのプログラムが記憶される。

【0088】また、この記憶媒体としては、ROM、RAM等の半導体メモリ、光ディスク、光磁気ディスク、磁気記憶媒体等を用いてよく、これらをCD-ROM、FD、磁気カード、磁気テープ、不揮発性メモリカード等に構成して用いてよい。

【0089】従って、この記憶媒体を上記各実施の形態によるシステム以外の他のシステムあるいは装置で用い、そのシステムあるいはコンピュータがこの記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し、実行することによっても、前述した各実施の形態と同等の機能を実現できると共に、同等の効果を達成することができ、本発明の目的を達成することができ。

【0090】また、コンピュータ上で稼働しているOS等が処理の一部又は全部を行う場合、あるいは記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された拡張機能ボードやコンピュータに接続された拡張機能ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づいて、上記拡張機能ボードや拡張機能ユニットに備わるCPU等が処理の一部又は全部を行う場合にも、各実施の形態と同等の機能を実

* 実現できると共に、同等の効果を達成することができ、本発明の目的を達成することができ。

【0091】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数の撮像素子を組み合わせ、1つの撮像素子を構成する場合に、個々の部分画像に重なり合いがなく、接続部分に接続線方向に沿った画像データの損傷がある場合でも、接続部分を本来の画像データと損傷データとの和と考えて、損傷データを抽出し、画像データから引き去ることにより、接続部分の損傷を補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態によるX線画像取得装置のブロック図である。

【図2】つなぎ目パターンを説明する構成図である。

【図3】つなぎ目パターン抽出処理のフローチャートである。

【図4】4枚撮像パネルを組み合わせた例を示す構成図である。

【図5】つなぎ目部分を説明する構成図である。

【図6】つなぎ目部分の画像損傷を説明する構成図である。

【図7】つなぎ目パターンの空間周波数特性を模式的に説明する構成図である。

【符号の説明】

31 X線発生装置

1a、1b、1c、1d 固体撮像パネル

35 中央演算処理装置（CPU）

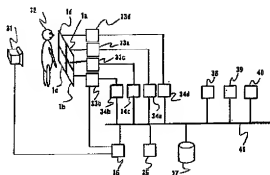
33a、33b、33c、33d 制御装置

34a、34、34c、34d、38、39、40 画像格納用メモリ

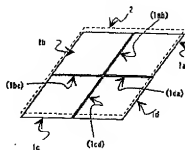
37 プログラムを格納する記憶媒体

51、52 つなぎ目部分

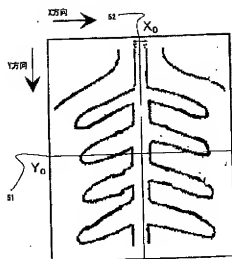
【図1】



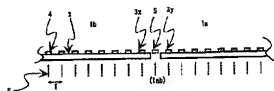
【図4】



【図2】



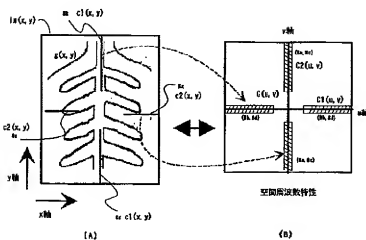
【図5】



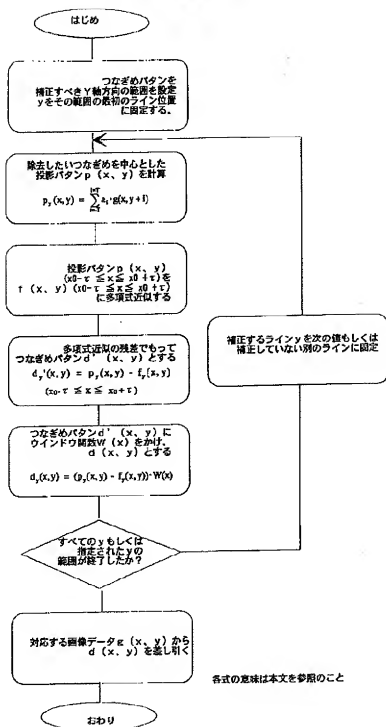
【図6】



【図7】



【図 3】



各式の意味は本文を参照のこと

フロントページの続き

Fターム(参考) 4C093 AA16 AA26 CA01 CA32 E313
EB18 FD04 FDC5 FD07 FD08
FD13 FD20 FFC1 FF15 FF18
FF19 FF20 FF35
5B067 AA20 CA01 CA12 CA16 CB01
CE12 CB16 CC03 CE02 CE06
CE10 DA2G DB02 DC30